

ПОИСК МЕТЕОРИТОВ В ПУСТЫНЕ АТАКАМА (ЧИЛИ) МЕТЕОРИТНОЙ ЭКСПЕДИЦИЕЙ УРФУ

Ларионов М.Ю.¹, Кругликов Н.А.^{1,2*}, Пастухович А.Ю.¹, Колунин Р.Н.¹

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, *nick@imp.uran.ru

1. Организация экспедиции, методика поиска

Поиск метеоритов в пустыне Атакама в Чили осуществляется с 1986 г., накоплению метеоритного вещества способствует высокая степень засушливости и геологической стабильности этой территории [Gattaccesa et al., 2011; Hutzler et al., 2016]. Экспедиция Уральского федерального университета в пустыню Атакама была организована с 11.10.2017 г. по 27.10.2017 г. под руководством Гроховского В.И. Состав экспедиции включал в себя коллектив (4 человека) из Уральского федерального университета. Основной целью экспедиции был поиск фрагментов метеоритов и выявление механизмов, их накопления в пустыне Атакама, установление контактов с местными исследовательскими и поисковыми группами и проверка возможности автономного существования и поиска в условиях пустыни.

В ходе экспедиции было задействовано 2 автомобиля повышенной проходимости (последовательно), которые использовались для поиска метеоритов и перемещения. Поисковые работы осуществлялись с 14.10.2017 г. по 24.10.2017 г. Основные критерии для отбора материала были следующие: темно-коричневый или черный цвет (возможны следы ржавчины),

наличие коры плавления и магнитных свойств. Визуальный поиск производился преимущественно с автомобиля на скорости 5-15 км/ч, с остановками для проверки образцов имеющих сходства с метеоритами, среднее дневное расстояние, преодолеваемое на автомобиле, составляло 50-80 км. Пеший визуальный поиск осуществлялся в местах, где особенности рельефа затрудняли движение автомобилей или в местах больших скоплений обломков горных пород темных оттенков. Каждый участник проходил за день около 5-7 км. Все образцы проверялись на магнитные свойства с помощью постоянного магнита. Такие магниты были прикреплены к телескопическим держателям и имелись у каждого участника. Кроме того, для идентификации метеоритов использовались полевые методы анализа: получение скола с помощью геологического молотка, изучение скола с использованием лупы.

2. Особенности местности, области поиска и механизмы накопления

Рельеф, состав фоновых пород и климатические особенности имеют существенное значение при определении зоны поиска. Они же определяют механизмы накопления. Поиск осуществлялся в трех зонах пустыни Атакама.

Первый район поиска был в 8 км к югу от пос. Чиу-Чиу. Спутниковый снимок первого района поисков с указанием обследованных участков и мест находок представлен на рис. 1. Данная местность представляет собой горную каменистую пустыню (высота 2500-2700 м), сложенную в основном из осадочных пород белого или светло-коричневого цвета. Эта часть пустыни Атакама образовалась в неогеновом периоде на восточном склоне горной гряды Анд, в непосредственной близости от вулканического плато Альтиплано (около 50 км), содержащего довольно крупные вулканы (Сан-Педро, Панири, Сьеро-дель-Леон, Сьерос-де-Токорпури высотой более 6 тысяч метров над уровнем моря) в месте слияния рек Лоа и Саладо.

Темно-коричневые участки на рисунке соответствуют местам скопления обломков вулканических и осадочных пород, постепенно перемещающихся вниз по склону за счет гравитации и выветривания. На

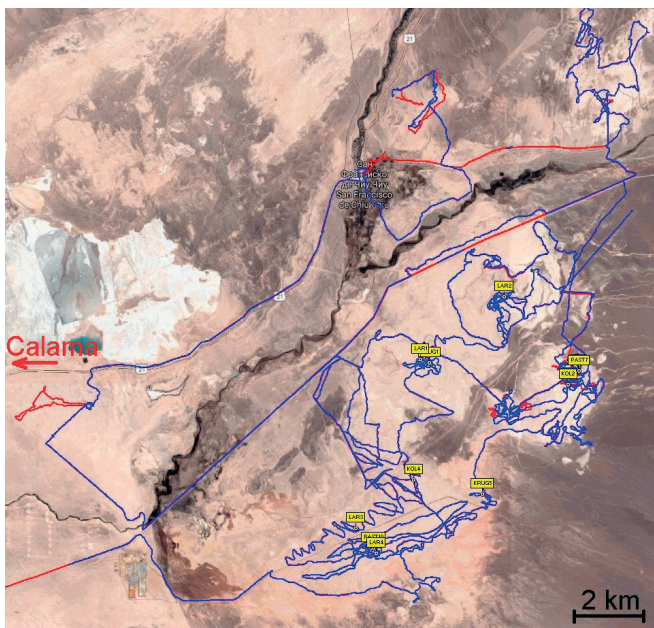


Рис. 1. Спутниковый снимок района поиска возле пос. Чиу-Чиу, указаны места находок и треки движения



Рис. 2. Фотография участников экспедиции и с метеоритом весом 14 кг найденным к югу от пос. Чиу-Чиу

начальном этапе мы провели внимательное изучение горных пород именно этого участка. Такой подход дал нам информацию о фоновых породах, которые можно встретить в данной местности.

Визуальный поиск метеоритов на участках, где присутствуют лишь осадочные породы, довольно прост, поэтому, автомобильный поиск оказался более эффективным на ровных поверхностях значительной площади. Другой особенностью местности оказалась существенная исследованность района поисковыми группами и участниками всевозможных авто-мото состязаний. Это привело к исчерпанию метеоритного вещества на таких участках и, в конечном итоге, заставило нас изменить тактику поиска, дополнив ее поиском на пересеченной местности, сложенной из пород той же морфологии, пешим порядком.

Важным моментом, как и в случае пустыни Деште-Лут [Кругликов и др., 2017], является влияние освещенности. Визуальный поиск наиболее эффективен в середине дня, когда тени минимальны и значительно затруднен в утренние и вечерние часы, когда присутствуют длинные тени. Утром и вечером поиск возможен при наблюдении вдоль солнечных лучей, что позволяет избавиться от помех, создаваемых тенями обломков местной породы.

Дополнительные сложности при идентификации составляли обломки темных оттенков метаморфического и вулканического происхождения, попадающие в область светлых осадочных пород двумя способами. В первом случае это происходит на границе светлой области за счет процессов выветривания. Во втором случае за счет вулканической активности и дальнейшего выветривания в любой точке светлой области. Хорошо зная состав фоновых пород, мы довольно быстро прекращали поиск в таких случаях. Для идентификации обломков проводился анализ на



Рис. 3. Фотография метеорита, предположительно являющегося ахондритом, найденного к югу от пос. Чиу-Чиу

наличие коры плавления и тестирование магнитной восприимчивости при помощи постоянного магнита, изучался скол. Образцы, которые соответствовали визуальным критериям, отбирались для дальнейшего анализа в лаборатории. Отсутствие растительности и большие открытые пространства благоприятствуют довольно сильным ветрам, поэтому выбор места для лагеря (палатка полубочка длиной 4 м) заключался в нахождении оврагов или других неровностей рельефа защищающих от ветра. За пять дней поиска было найдено около 15 отдельных фрагментов метеоритов, включая метеорит весом 14 кг (рис. 2) и немагнитный образец (вероятно ахондрит) (рис. 3).

Вторая зона поисков находилась в 8 км к западу от г. Калама (районный центр). Спутниковый снимок второго района поисков показан на рис. 4. В данной области фоновые породы представлены осадочными породами серого цвета. С севера и юга район поиска ограничен глубокими каньонами (глубиной до 50 м). Сложность для передвижения на автомобиле вызывали небольшие овраги и существенное количество обломков пород метаморфического и вулканического происхождения. По этой причине поиск проводился, в основном, пешим порядком с перемещением автомобилем между удобными для поиска областями. В данной местности также встречалось большое количество пеших следов и следов авто- и мото-транспорта. За один день поиска было собрано 2 образца.

Третий район поиска находился на полуострове Мехильонес, в 25 км к северу от г. Антофагаста (спутниковый снимок на рис. 5). Этот район был сформирован в юрском периоде. Он находится на перешейке полуострова всего в нескольких метрах над уровнем моря. По этим причинам фоновые породы представлены ракушечником различной степени выветривания, в основном светлых оттенков.

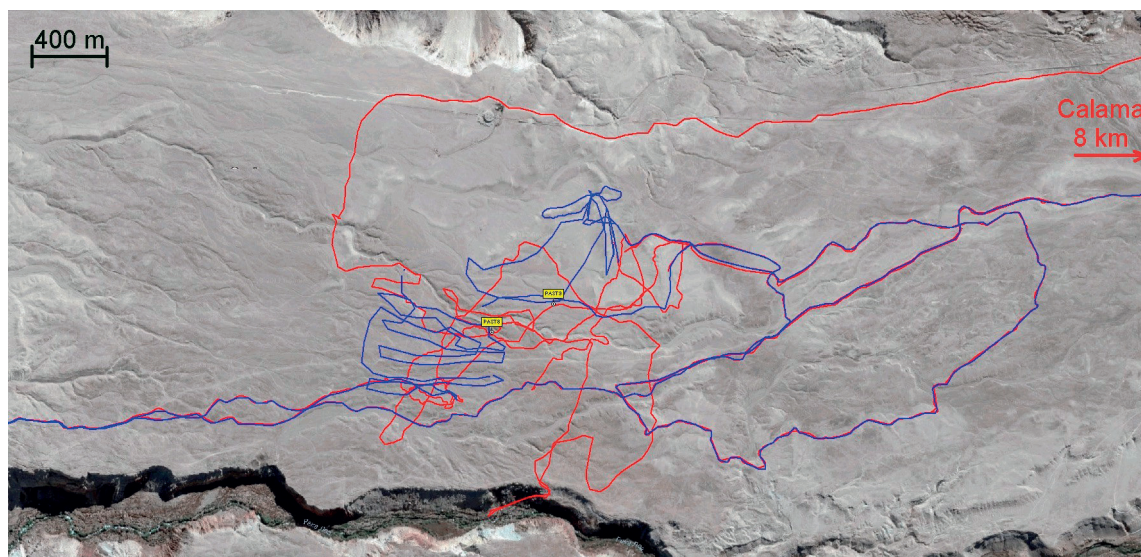


Рис. 4. Спутниковый снимок района поиска возле г. Калама, указаны места находок и треки движения

Кроме того, встречается и галечник состоящий из магматических и метаморфических пород, который существенно затрудняет автомобильный поиск. Второй особенностью является рельеф местности, обусловленный влиянием ветров. Существенными факторами были также близость к крупному городу Антофагаста, данные о находках в метеоритном бюллетене и наличие множества следов автотранспорта свидетельствующие о значительном сборе вещества в этом районе. По этим причинам двухдневный поиск метеоритов данным районе не принес успеха.

Также в ходе экспедиции были обследованы районы солончака Солар-де-Атакама (к югу от г. Сан-Педро-де-Атакама), высокогорные плато вблизи пос. Сокайре (высотой 3200-4000 м), район южнее г. Антофагаста, но без результата. Первые два района оказались совершенно не подходящими для поиска, в силу отсутствия механизма накопления и развитости ландшафта, а последний район, имеющий механизм накопления, оказался подвержен значительному антропогенному воздействию.

В конце экспедиции был установлен контакт с кафедрой астрономии Северного католического университета г. Антофагаста и проведен семинар с докладом «Looking for extraterrestrial matter» о деятельности коллектива EXTRA TERRA Consortium, результатах текущей экспедиции и обсуждением планов дальнейшего взаимодействия. Кроме того, было осуществлено восхождение на гору Вентарронес, где в дальнейшем планируется установка автоматизированного телескопа и болидной сети.

3. Результаты и обсуждение

В ходе экспедиции удалось собрать значительное количество внеземного вещества (около 20 кг) большая часть которого (10 кг) была доставлена в

НОЦ «Нанотех» УРФУ для дальнейшего исследования, часть крупного фрагмента метеорита весом 10 кг была оставлена для изучения в Католическом университете г. Антофагаста. По структуре скола и магнитной восприимчивости найденные фрагменты (за исключением одного) соответствуют хондритам. Один фрагмент весом 1,5 кг, с большой вероятностью,

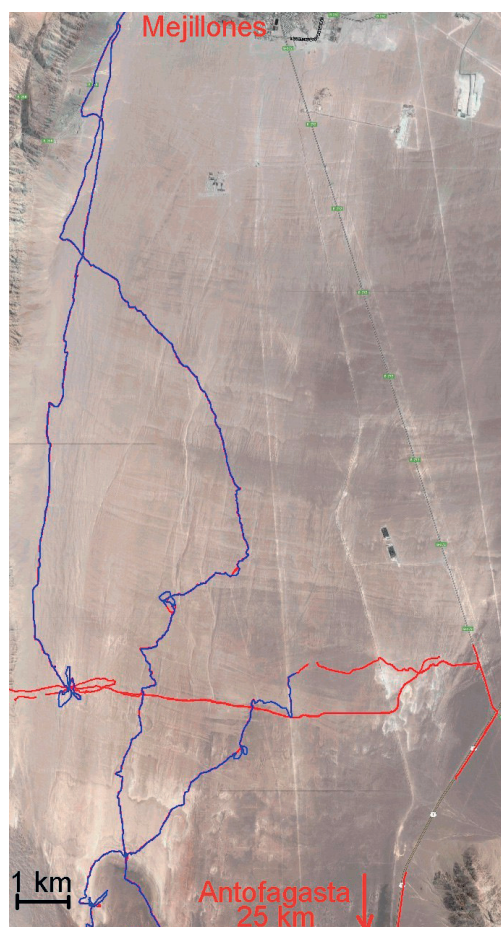


Рис. 5. Спутниковый снимок третьего района поиска на полуострове Мехильонес, указаны треки движения

является, ахондритом типа эвкрит. Найденные фрагменты имеют различную степень выветривания, что может быть связано как с разным временем падения, так и с разными условиями пребывания на земной поверхности. Один из метеоритов был окружен большим количеством мелких однородных обломков, расположенных на площади 2х5 метров. Некоторые образцы могут оказаться индивидуальными падениями или результатом выпадения метеоритного дождя, поскольку имеют визуальную схожесть (гладкая обтекаемая темно-коричневая поверхность с трещинами, примерно одна степень выветривания).

4. Выводы

По результатам экспедиции можно сделать следующие выводы:

1. Методика автономного поиска без группы поддержки вполне себя оправдала и дала результат не худший чем при проведении Иранской экспедиции в условиях поддержки местной группой.

2. Были исследованы различные типы ландшафтов на высотах от уровня моря до 4200 метров над уровнем моря.

3. Основным механизмом концентрации метеоритов в пустыне Атакама является накопление на твердой подложке из осадочных пород.

4. Выбор места поисков при планировании следующих экспедиций должен определяться, в первую очередь, наличием осадочных пород светлых оттенков, относительно ровной и однородной поверхностью (возможны небольшие овраги) и удаленностью от крупных городов.

Авторы выражают свою искреннюю признательность руководству Уральского федерального университета (программа 5-100 и эндаумент физико-технологического института) за помощь в организации и финансирование экспедиции. Необходимо отметить, что Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (постановление № 211, контракт № 02.А03.21.0006) и частично в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Деформация», №01201463327) и проекта УрО РАН №18-10-2-24.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кругликов Н.А., Ларионов М.Ю., Замятин Д.А., Пастухович А.Ю. Поиск метеоритов в пустыне Деште-Лут (Иран) метеоритной экспедицией УрФУ // Сборник трудов V конференции молодых ученых с международным участием. Метеориты. Астероиды. Кометы, Екатеринбург, 2017, с. 84-90.
2. Gattacceca J. et al., The densest meteorite collection area in hot deserts: The San Juan meteorite field (Atacama Desert, Chile). *Meteoritics & Planetary Science* 46, № 9, 1276–1287 (2011).
3. Hutzler A. et al., Description of a very dense meteorite collection area in western Atacama: Insight into the long-term composition of the meteorite flux to Earth. *Meteoritics & Planetary Science* 51, № 3, 468–482 (2016).